УДК 641.87 (075.8)

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВА ОЗДОРОВЛЕНИЯ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

И.Н. ПУШМИНА

Красноярский государственный торгово-экономический институт,
г. Красноярск, Российская Федерация

Введение. Охрана здоровья граждан является основополагающим принципом, идеологией политики любого цивилизованного государства и общества. Наиболее действенным методом сохранения и коррекции состояния здоровья граждан, а также наиболее возможным в массовом использовании является оздоровительное питание.

Здоровое, сбалансированное питание не только обеспечивает соответствующий уровень жизни как здоровым людям, так и населению, входящему в группы риска и страдающему различными заболеваниями, но и способно оказать максимальный эффект в так называемые критические периоды жизни (детский, пожилой возраст и так далее).

Последние десятилетия питание большинства населения планеты вряд ли можно назвать здоровым. Потребляемая нами пища часто содержит недостаточное или избыточное количество различных ингредиентов, что приводит к заболеваниям, а также к снижению адаптационных возможностей организма.

Задача обеспечения человека полноценными и безопасными продуктами питания является важнейшей в ряду других социально-экономических и экологических проблем.

Анализ данных по загрязнению наиболее употребляемых пищевых продуктов вредными для здоровья людей компонентами показал, что уровень содержания их постоянно повышается. Молоко и молочные продукты, вода, соки являются объектами, в которые с наибольшей вероятностью могут попадать все группы токсичных элементов. Вместе с тем, методы, предотвращающие или исключающие попадание в продукты питания вредных соединений, достаточно ограничены, трудоемки и дорогостоящи, громоздки, требуют частой регенерации установок и материалов. Применение их эффективно при высокой производительности и высокой исходной жесткости воды; стоимость материалов, например, ионообменных смол, несоизмеримо выше таковой, чем для природных материалов, например, природных цеолитов. Вместе с тем возможности их гораздо шире. Природные цеолиты могут смягчать воду, освобождать ее от ионов металлов, органических примесей, коллоидов, задерживать микроорганизмы. Использование цеолитов различных модификаций позволит получить воду нужного состава, микробиологически чистую. Кроме того, значительное количество предприятий используют воду с жесткостью 3-6 ммоль/дм^3, при которой природные цеолиты показали высокую эффективность. Для пищевой отрасли еще одним достоинством природных цеолитов по сравнению с обычными ионитами является возможность частичной реализации отработанных цеолитов в животноводстве, растениеводстве и тому подобное [1, с.9-15].

Научный и практический интерес представляет применение их для обработки сырья и готовой пищевой продукции с точки зрения регулирования минерального состава продукции, а также улучшения ее гигиенических, физико-химических характеристик. Это обусловлено, прежде всего, уникальной комбинацией свойств природных цеолитов. Благодаря своему кристаллохимическому строению, цеолиты биологически активны и кислотоустойчивы. Они обладают пролонгирующей адсорбционной, ионообменной, каталитической и детоксикационной способностью. Вместе с тем это сырье недостаточно используется в пищевой промышленности, хотя хорошо изучено с медико-биологической, гигиенической стороны [2, с.96-99].

В продуктах питания, полностью подготовленных к употреблению, весомую долю составляет вода. В них она достигает до 80%. Поэтому от качества воды зависит качество пищевого продукта. Как отмечено многочисленными исследователями, в водных ресурсах северных и сибирских регионов особую тревогу вызывают повышенное содержание тяжелых и токсичных металлов, таких как свинец, ртуть, стронций, никель, железо, кобальт, марганец и другие. Это приводит к нарушению метаболизма по металлам в организме коренного и пришлого населения регионов Севера и Сибири и, как следствие, к возникновению экопатологии. Вместе с тем, многие макро- и микро-

ПолесГУ

элементы являются незаменимыми факторами питания, что, с одной стороны, заставляет нормировать их содержание в рационе и пищевых продуктах, с другой – диктует необходимость такого нормирования в условиях загрязнения природы [3, с.3-32]. В связи с этим разработка доступных и экономически выгодных способов удаления из пищевых сред токсичных веществ – важная гигиеническая задача, имеющая социально-экономические и экологические аспекты. Решение этой задачи является целью данных исследований.

Результаты и их обсуждение. В задачу исследования входило изучение сорбции ряда тяжелых металлов из водных растворов их солей ЦТ Сахаптинского и Холинского месторождений. На начальном этапе исследований использовали модельные растворы солей сульфатов меди, никеля, свинца и хлорида цинка в дистиллированной воде, которые пропускали через колонку, заполненную сахаптином и холинским ЦТ в природной и в H^+ – формах (после обработки NH_4Cl). Скорость фильтрования 120 $см^3$/ч, концентрация растворов – 0,1 М/$дм^3$. Размер частиц минералов – 1,2 мм. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сорбция ионов тяжелых металлов из модельных растворов цеолитами

Катионы	Объем фильтрата до проскока катиона, в колоночных объемах				ДОЕ, ммоль /г ЦТ			
	сахаптин		холинский ЦТ		сахаптин		холинский ЦТ	
	природный	H^+-форма	природный	H^+-форма	природный	H^+-форма	природный	H^+-форма
Pb^{2+}	1230	1353	1556	1690	0,98	1,10	1,15	1,32
Ni^{2+}	280	340	420	480	0,81	0,90	0,94	1,04
Cu^{2+}	215	310	380	420	0,35	0,40	0,43	0,52
Zn^{2+}	156	200	205	293	0,27	0,31	0,36	0,40

Как видно из полученных данных, извлечение ионов различных металлов цеолитами носит неоднозначный характер. Из литературных данных [4, с.75-80] известно, что для двухвалентных катионов максимальная емкость при данных физико-химических условиях не достигается. Однако для них наблюдается следующая закономерность: чем меньше радиус двухвалентного катиона и соответственно выше его гидратационная способность, ионный потенциал и отношение заряда к координационному числу, тем меньше емкость. Из этого следует, что большие по размерам ионы тяжелых металлов Pb^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}, Al^{3+}, Cs^{2+} должны эффективно адсорбироваться цеолитовыми туфами.

В нашем случае в наибольшей степени происходит сорбция свинца, независимо от месторождения и модификации минерала, в меньшей – ионов цинка. Модификация минералов способствует увеличению обменной емкости цеолита (в среднем на 12,5 %) и позволяет пропустить больший объем воды до момента выравнивания концентрации ионов на входе и выходе из колонки. Из исследуемых туфов более эффективен в плане извлечения тяжелых металлов холинский цеолит в любой форме, что, по-видимому, можно объяснить более жесткой кристаллической структурой минерала и его химическим составом (табл. 1). Кроме сахаптина и холинского цеолита эффективен по отношению к тяжелым металлам и хонгурин (месторождение Хонгуруу, Республика Саха).

На основании проведенных исследований разработана технология водоподготовки, в том числе детоксикации воды, с помощью исследованных природных и модифицированных цеолитов для предприятий молочной промышленности. Она может быть использована при производстве других продуктов питания.

Произведен расчет установки водоподготовки с полной заменой Na-катионита на хонгурин, сахаптин, холинский цеолит. Заданная производительность установки для водоподготовки с учетом производительности завода по ассортименту выпускаемой продукции:

$Q_{год}$ = 10000 $м^3$.

Суточная производительность:

$Q_{сут}$ = 60 $м^3$/сутки.

Часовая производительность из расчета 14 часов работы в сутки:

ПолесГУ

$Q_{час}$ = 4 м^3/час.
Содержание взвешенных веществ в умягченной воде не более 0,09 мг/дм^3, цветность 56 ^{0}цв.
Максимальная общая жесткость исходной воды:
$Ж_0$ = 4 ммоль/дм^3.
Допустимая жесткость умягченной воды:
$Ж_у$ = 0,3 ммоль/дм^3.
Число фильтров в сутки:
$n = T/(t + t_1) = 14/(10,5 + 1,5) = 1$,

где T – продолжительность работы цеолитовой установки в течение суток, ч; t – полезная продолжительность одного фильтроцикла, ч (принимается от 10 до 22 часов); t_1 – продолжительность операций, сопровождающих регенерацию фильтра, ч (обычно = 1,5 ч).

Основной характеристикой цеолита является динамическая обменная емкость $Е_{полн}$. Для хонгурина при крупности зерен 1,0-1,2 мм$Е_{полн}$ = 37,77 ммоль/м^3.
Рабочая обменная способность цеолита:
$E^{Na}_{раб} = А_э \cdot В_{Na} \cdot Е_{полн} – 0,5 \cdot Д_{уд}\ Ж_0$, ммоль/м^3,

где $А_э$ – коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации цеолита (при удельном расходе соли на регенерацию $Д_с$ = 200 г/ммоль, $А_э$ = 0,81); $В_{Na}$ – коэффициент, учитывающий снижение обменной способности цеолита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания ионов Na^+; $Д_{уд}$ – удельный расход воды на отмывку цеолита в м^3 на 1 м^3 цеолита (принимается 4-5 м^3), в данном случае $Д_{уд}$ = 4 м^3/м^3; $Ж_0$ – общая жесткость исходной воды в ммоль/дм^3.

Допустим, что в исходной воде содержится 1 мг/дм^3Na^+, то при пересчете на ммоль/дм^3 величина концентрации Na^+ будет:
$C_{Na}{}^2 : Ж_0 = 0,043^2: (4 – 0,001)$,
следовательно, B^{Na} = 0,999.
Таким образом, по формуле:
$E^{Na}_{раб}$ = 0,81 0,999 37,77 – 0,5 4 4 = 22,56 ммоль/м^3.
Необходимый объем цеолита:
Цеолит = $(Q_{сут} \cdot Ж_0) / (n\ E^{Na}_{раб}) = (60 \cdot 4) | (1 \cdot 22,56) = 10,64$ м^3.
Высоту цеолитовой загрузки принимаем $n_ц$ = 2 м.
Допустимая расчетная скорость фильтрования через цеолитовый фильтр:
$V^{Na}_{расч} = (E_{раб} \cdot n_u)/(T_м\ Ж_0 + 0,02\ E^{Na}_{раб}\ d^{20}_{80}\ (\ln Ж_0 – \ln \cdot Ж_у)$;
$T_м = 24/2 – (t_{взр} + t_{рег} + t_{отм})$.
где d^{20}_{80} – калибр цеолитовой загрузки (обычно = 1,2 мм);
$Ж_у$ = 0,03 ммоль/дм^3 – допустимая жесткость умягченной воды;
$T_м$ – продолжительность межрегенерационного периода;
$t_{взр}$ – 0,25 ч (15 минут) – продолжительность взрыхления цеолита;
$t_{рег}$ – 2 ч (120 минут) – продолжительность регенерации;
$t_{отм}$ – 2 ч (120 минут) – продолжительность отмывки.
Следовательно, по формулам:
$T_м = 24/2 – (0,25 + 2 + 2) = 7,75$ ч.
$V^{Na}_{расч} = (22,562)\ (7,754 + 0,02 \cdot 22,56 \cdot 1,2^2\ (\ln 4 – \ln 0,03) = 1,32$ м/ч.
Необходимая суммарная рабочая площадь цеолитовых фильтров:
$Fe_{Na} = Q_{су} / (V^{Na}_{расч}\ [T – n\ (t_{взр} + t_{рег} + t_{отм})])$,
$Fe_{Na} = 60 / (1,32\ [14 – 1\ (0,25 + 2 + 2)]) = 4,66$ м^2.
Принимаем два рабочих фильтра диаметром 1 м, площадью 2,33 м^2.
Суммарная рабочая площадь фильтров составит:
$Ef_{раб}$ = 4,66 м^2.
При высоте загрузки = 2 м объем цеолита в двух фильтрах будет:
$W_{цеол}$ = 4,662 = 9,32 м^3.
Фактическая скорость фильтрования при нормальном режиме:
$V_ф = Q_{час} / Ef_{раб} = 4 / 4,66 = 0,86$ м/ч.
Учитывая необходимость одновременного освобождения воды от взвешенных, коллоидных

ПолесГУ

частиц, растворенных органических и неорганических веществ, а также свойства используемых цеолитов, возможна следующая последовательность заполнения колонки минералами.

В качестве опорного слоя служат кварцевый песок или гравий (величина частиц – 5-10 мм, высота слоя 0,3 м), хонгурин (фракция 3-4 мм, высота слоя 0,3 м). Основу фильтрующего слоя составляет сахаптин или холинский цеолит (размер частиц 1,5-2,0 мм, высота загрузки 1,5-2,0 м). Для предотвращения выноса частиц минерала при промывке фильтра водой противотоком, сверху засыпается слой сахаптина фракции 2-3 мм высотой 0,2 м.

После загрузки установки проводят ее промывку водой до получения прозрачного фильтрата. На технологические нужды вода из городской сети подается на цеолитовый фильтр и проходит сверху вниз со скоростью 0,5-2,0 $м^3$/ч в зависимости от исходной загрязненности воды. Здесь она частично смягчается, освобождается от органических и неорганических примесей, взвесей и поступает при необходимости на катионитовый фильтр, где происходит дальнейшее снижение солей жесткости до 0,2-0,4 ммоль/$дм^3$.

Установка для промышленного способа водоподготовки на предприятиях молочной промышленности с применением природных цеолитов включает в себя типовые катионитовые фильтры: ХВ-122, ХВ-040-16, В-7086/Б, К-185883, заполненные природными цеолитами, Na-катионитовый фильтр, проотборники, воздушники, солерастворитель. Схема установки представлена на рисунке 1.В схему включен кроме цеолитовогоNa-катионитовый фильтр для тех случаев, когда вода характеризуется высокой жесткостью. Здесь цеолит выполняет роль не только ионообменника, но и фильтрующего материала от механических, коллоидных примесей воды.

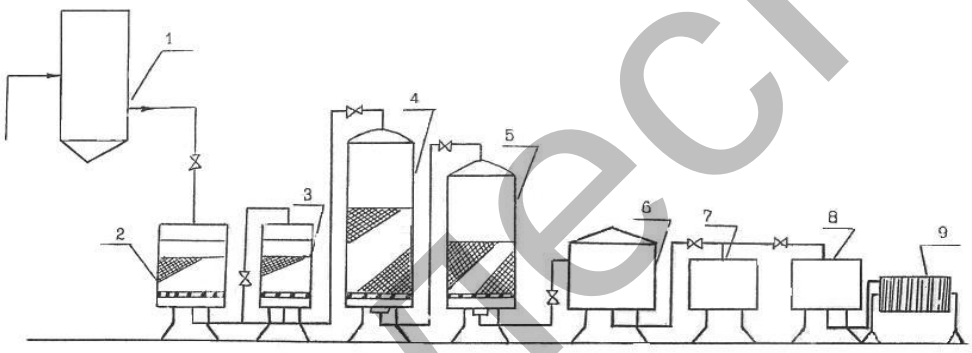

Рисунок 1 – Схема установки для водоподготовки на предприятиях молочной промышленности с применением природных цеолитов: 1,6 – отстойник; 2 – фильтр (сахаптин); 3 – солерастворитель; 4 – фильтр (сахаптин, холинский, хонгурин);5 – катионитовый фильтр; 7,8 – керамические фильтры; 9 – теплообменник.

Предварительное фильтрование воды через цеолитовый фильтр позволяет существенно увеличить рабочий цикл Na-катионитового фильтра. Используемый в этом фильтре ионит (смола КУ-2) является несравнимо более дорогим материалом, чем цеолит. Поэтому увеличение срока работы фильтра и снижение расходов на его регенерацию является важным в экономическом отношении достоинством предлагаемой схемы.

Для модифицирования цеолита в установке водоподготовки, вода из городской сети подается в солерастворитель, туда же засыпается поваренная соль из расчета 50 г/$дм^3$. Цеолит, предварительно промытый в течение 24 часов водой, заполняем 5 % раствором поваренной соли и выдерживается 6-8 часов. Общее число обработок 2-4. После модифицирования фильтр промывается водой до полного исчезновения ионов хлора.

Загрузку цеолита ежегодно дополняют в количестве 5-10 %. По мере уменьшения адсорбционной и ионообменной способности цеолитов их необходимо регенерировать путем пропускания через фильтр 0,5-1 % раствор поваренной соли [5, с.43]. После регенерации фильтр промывают водой до полного исчезновения соленого вкуса. Скорость пропускания регенерирующего раствора – 0,5 $м^3$/ч, время обработки в циркуляционном режиме 0,5-1 ч. Восстановление обменной емкости исследуемых материалов до 70-80 % требует 3,4-4,0 молей NaCl на 1 моль сорбируемого иона кальция. Расход регенирационного раствора можно

ПолесГУ

значительно уменьшить, если регенерацию проводить несколькими порциями растворов, выводя первые 5-7 объемов регенерационного раствора из процесса регенерации, а последующие использовать потом в цикле первичной регенерации.

Эффективность применения разработанной технологии водоподготовки на природных цеолитах была оценена для реального образца воды, загрязненной тяжелыми металлами. На контрольной и подготовленной по разработанной технологии воде получали восстановленное молоко [6, с.24-36].

Сухое молоко растворяли при температуре 38-40 ^{0}С, затем очищали от нерастворившихся комочков пропусканием через металлическое сито с отверстиями диаметром не более 3 мм. Восстановленную смесь немедленно после растворения охлаждали до 5-8 ^{0}С и выдерживали при этой температуре в течение 3-4 часов с целью набухания белков, устранения водянистого вкуса и достижения требуемой плотности. Нормализованное по жиру и сухим веществам молоко подогревали до 40-45 ^{0}С и очищали на центрифуге. Предварительно очищенное молоко гомогенизировали при давлении 12,5 МПа ±2,5 МПа (125 кгс/см^2 ± 25 кгс/см^2) и температуре 45-55 ^{0}С. После гомогенизации молоко подвергали пастеризации на пастеризационно-охладительной установке при температуре 76 ^{0}С ± 2 ^{0}С в течение 20 сек.

Исследовали качество восстановленного молока на предусмотренные ТИ 49-2-9-80 показатели и содержание в нем тяжелых металлов. Установлено, что физико-химические показатели в обоих случаях находились на уровне требуемых, однако по содержанию тяжелых металлов молоко, восстановленное на неочищенной воде, было не пригодно для употребления и переработки (табл. 2).

Таблица 2 – Оценка основных показателей восстановленного молока

Вид молока	Показатели и нормы					
	Массовая доля жира, %		Кислотность ^{0}Т, не более		Содержание тяжелых металлов, мг/дм^3	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Пастеризованное, 2,5 % жирности	2,5	2,5	21	21	0,07	0
Пастеризованное, 3,2 % жирности	3,2	3,2	21	21	0,07	0
Пастеризованное, 3,5 % жирности	3,5	3,5	20	20	0,07	0

Был проведен более детальный анализ содержания в питьевой воде г. Норильска до и после обработки ее природными цеолитами по разработанной технологии микро- и макроэлементов инструментальным нейтронно-активационным методом.

Результаты свидетельствуют, что исходная водопроводная вода характеризуется превышением предельно допустимой концентрации таких элементов как ртуть (в 5 раз), кадмий (в 3,5 раза), никель (в 4 раза), железо (в 8 раз). В образцах воды содержание цинка на 69 % было выше нормируемой величины, ртути в 3,6; кадмия в 2,4; свинца в 1,4 раза больше ПДК. Это, естественно, отрицательно скажется на показателях гигиенической безопасности восстановленного на такой воде молока и молокосодержащих продуктов.

Таблица 3 – Содержание микро- и макроэлементов (мкг / дм^3± 0,005) в воде до и после пропускания через цеолитовый фильтр

Элемент	До фильтра	После фильтра	Элемент	До фильтра	После фильтра
1	2	3	4	5	6
Германий	6,34	4,44	Селен	3,94	2,66
Ртуть	2,50	0,62	Тербий	0,23	0,11
Хром	36,62	0,15	Гафний	1,64	0,28

ПолесГУ

Окончание таблицы 3

Барий	328,04	100,12	Серебро	1,50	1,00
Цезий	0,34	0,10	Скандий	4,46	2,42
Рубидий	20,43	5,21	Железо	2514,38	878,21
Цинк	600,50	81,34	Кобальт	3,84	1,67
Европий	0,24	0,17	Сурьма	3,05	1,37
Стронций	913,00	296,82	Мышьяк	2,38	1,05
Никель	405,18	100,71	Кальций	58109,22	26832,61
Ванадий	1,25	1,08	Золото	0,05	0,05
Вольфрам	5,09	4,98	Теллур	5,45	5,45
Кадмий	3,52	0,92	Бром	23,20	21,09
Медь	5,32	3,53	Свинец	7,46	1,34
Натрий	1280,61	1205,40			

На такой воде получали восстановленное молоко. Данные таблицы 3 показали, что использование цеолитового фильтр для водоподготовки по разработанной технологии позволило существенно снизить (в 4-7 раз) концентрацию токсичных элементов в обрабатываемой воде. Содержание тяжелых металлов было значительно ниже пределов, установленных СанПиН. Весте с тем, состав его качественно улучшился (таблицы 4, 5).

Таблица 4 – Содержание некоторых микроэлементов (мг/кг сухих веществ ± 0,0005) в сухом и восстановленном молоке

Элемент	Молоко обезжиренное сухое	Молоко, восстановленное на воде		СанПиН 2.3.2.560-96
		водопроводной	очищенной ЦТ	
Медь	0,257	0,506	0,493	1,000
Цинк	2,252	8,458	3,982	5,000
Ртуть	н/о	0,018	0,004	0,005
Кадмий	н/о	0,053	0,018	0,030
Свинец	0,046	0,138	0,089	0,100
Мышьяк	н/о	0,017	0,008	0,050

Таблица 5 – Физико-химические показатели восстановленного молока

Показатели	Молоко, восстановленное на воде	
	водопроводной	очищенной ЦТ
Массовая доля белка, %	3,30	3,30
Массовая доля лактозы, %	5,05	5,05
Кислотность, °Т	20	19

Выводы. Таким образом, использование цеолитов для подготовки воды в молочной промышленности позволяет получать восстановленное молоко с более высокими показателями гигиенической безопасности.

Кроме того, использование природных цеолитов:

– не требует высоких затрат на обслуживание и реактивы;

– дает возможность дополнительно извлекать токсичные вещества в отличие от реагентного способа;

– не требует высокой квалификации от работников;

– характеризуется простотой и доступностью в эксплуатации в отличие от электродиализного способа;

– не требует тщательной очистки воды от механических примесей, применения реактивов для предотвращения осадков, поддерживания относительно высокой скорости механической очистки, высокой стоимости установки в отличие от обратноосмотического способа.

ПолесГУ

Аппаратурно оформить процесс с применением природных цеолитов достаточно просто, используя существующее традиционное оборудование.

Многолетние научные исследования и их реализация указывают на перспективность и эффективность использования природных цеолитов для обеспечения гигиенической безопасности пищевых продуктов в регионах Севера и Сибири. Эти работы должны быть существенно расширены для научного обоснования использования природных цеолитов на пищеперерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса малой и средней мощности с целью оптимизации состава и детоксикации сырья, полуфабрикатов, готовой продукции для оздоровления питания различных групп населения и в других регионах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хорунжина, С.И. Природные цеолиты в производстве напитков / С.И. Хорунжина, В.М. Позняковский. – Кемерово: АО Кузбассвузиздат, 1994. – 240 с.
2. Природные цеолиты России: медико-биологические исследования и применение в сельском хозяйстве // Природные цеолиты России: тез.докл. Респуб. совещ. – Новосибирск, ноябрь 1991. – Новосибирск: ИМиП СО РАН, 1992. – 103 с.
3. Киприянов, Н.А. Состояние и перспективы контроля содержания тяжелых металлов в питьевой воде, сырье, пищевых продуктах и атмосферном воздухе / Н.А. Киприянов, Г.П. Устюгов, Н.И. Киприянова // Пищевая промышленность. Серия 14. Обзоры по обеспечению общесоюзных научно-технических программ. Обзорная информация. – М.: АгроНИИТЭИПП 1991. – Вып. 2. – 32 с.
4. Антонова, В.А. Методические аспекты исследования природных цеолитов для дезактивации пищевого сырья от радионуклидов цезия / В.А. Антонова // Использование природных цеолитов в народном хозяйстве: материалы Всесоюзного совещания. – Кемерово – Новостройка, апрель 1990.– Новосибирск, 1991.– Ч.2. – С. 75 – 80.
5. Помозова, В.А. Разработка способов регенерации отработанных цеолитов / В.А. Помозова [и др.] // Нетрадиционные технологии и способы производства пищевых продуктов: тезисы научных работ. – Кемерово, 1997. – С. 43.
6. Твердохлеб, Г.В. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991 – 463 с.

HYGIENIC FOOD SAFETY AS BASIS FOR RECOVERY NUTRITION

I.N. PUSHMINA

Summary

Providing an accessible and cost-effective ways to remove from the food by toxic substances is an important hygienic problem, which includes socio-economic and environmental aspects of the solution of which is the purpose of studies presented in this article.

© Пушмина И.Н.

Поступила в редакцию 15 октября 2010г.

ПолесГУ